

SISTEMA SUPERVISÓRIO DE BAIXO CUSTO PARA ESTIMATIVA DE VAZÃO EM PULVERIZADORES AGRÍCOLAS

ALLAN MALDANER RODRIGUES¹; SOFIA PAGLIARINI²; THAIS DE ALMEIDA LUCAS³; EDUARDO WALKER⁴; MARLON MAURICIO HERNANDEZ CELY⁵; GIUSEPE STEFANELLO⁶.

¹ Universidade Federal de Pelotas – maldaner.allan@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – sofiapagliarini@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – thaisdealmeidalucas@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – eduardowalker@yahoo.com.br

⁵ Universidade Federal de Pelotas – marlon.cely@ufpel.edu.br

⁶ Universidade Federal de Pelotas – giusepest@gmail.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

O uso de defensivos agrícolas é uma prática comum e necessária para proteger as lavouras contra pragas e doenças. No entanto, a aplicação destes produtos requer acurácia e precisão. Cada ponta de pulverização possui uma vazão recomendada e cada defensivo tem uma dose específica de calda por hectare para garantir sua eficácia (DA CUNHA, 2001; NORTOX S.A, 2019). A aplicação excessiva de agrotóxicos não só representa um desperdício de insumos caros, mas também acarreta graves consequências ambientais, como a contaminação do ar, do solo e da água, além de riscos à saúde humana (VIANA et al., 2006; GIL; SINFORT, 2005). Por outro lado, a subdosagem pode levar ao desenvolvimento de pragas e plantas daninhas resistentes, comprometendo futuras safras.

Diante do desafio de otimizar a produção de alimentos para uma população crescente, dadas as estimativas de aumento da população global, (ONU, 2021) mostrando a necessidade de se aprimorar os métodos de cultivo apresentam-se oportunidades de inovação. Este projeto busca auxiliar os agricultores no monitoramento preciso da quantidade de defensivos aplicada, reduzindo o desperdício e a aplicação exagerada.

A inovação consiste em um sistema supervisório de baixo custo para a estimativa em tempo real da vazão volumétrica de defensivos agrícolas. O sistema utiliza um sensor de vazão do tipo turbina para medir o fluxo de calda que passa pela tubulação do pulverizador. Os dados do sensor são lidos por uma placa de aquisição Arduino Uno®, que se comunica com um software desenvolvido em LabVIEW®. A interface do software (sistema supervisório) permite que o operador insira parâmetros específicos do seu maquinário, como a largura da barra de pulverização e a velocidade de deslocamento. Combinando essas informações com a leitura do sensor, o sistema calcula e exibe, em tempo real, a taxa de aplicação em litros por hectare, permitindo uma estimativa de aplicação durante a operação.

O principal diferencial desta solução é seu custo drasticamente reduzido, tornando-a acessível à agricultura familiar. Enquanto controladores de vazão comerciais podem custar valores altos, o protótipo deste sistema foi desenvolvido com o intuído de possuir um custo de implementação baixo. Essa diferença de valor democratiza o acesso a uma ferramenta de agricultura de precisão, permitindo que agricultores familiares otimizem o uso de insumos, reduzam custos e minimizem o impacto ambiental de suas atividades.

2. ANÁLISE DE MERCADO

O público-alvo principal são os agricultores familiares. Este segmento, muitas vezes com poder aquisitivo limitado, fica à margem das tecnologias agrícolas modernas, que são majoritariamente desenvolvidas para grandes produtores. A inovação atende à necessidade específica desse público por ferramentas que melhorem a eficiência da aplicação de defensivos sem exigir um alto investimento inicial.

Os principais concorrentes são as empresas com os melhores sistemas de controle e uma boa confiabilidade. No mercado, temos sistemas de controle de pulverização, como o "Controlador de Vazão e Pulverização 4 Seções" da Tecnomark e o "Controlador de Vazão 4 Vias" da Geoline. Embora robustos, esses equipamentos possuem um custo elevado, na faixa de R\$ 17.755,50 e R\$ 20.270,00, respectivamente, o que os torna inviáveis para o público-alvo deste projeto. A solução proposta não visa competir em robustez, mas em acessibilidade e custo-benefício.

O Brasil é um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (MELLO, 2019). Grande parte desse mercado é composta por pequenos e médios agricultores que poderiam se beneficiar enormemente de tecnologias de otimização. Ao oferecer uma alternativa de baixo custo, o potencial de mercado se expande para incluir uma parcela de agricultores que atualmente não têm acesso a ferramentas de agricultura de precisão por questões financeiras.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

Por se tratar de um projeto de baixo custo com componentes acessíveis, o desenvolvimento do protótipo foi feito utilizando a bancada experimental da FESTO®, a qual possui um sensor de vazão tipo turbina (IR-Opflow tipo 2) e um sensor de pressão com célula de medição cerâmica (BE.EL.0600), além de uma bomba hidráulica centrífuga. Foram empregados um Arduino UNO®, um módulo de ponte H L298N e um computador contendo LabVIEW® com a extensão LINX®.

Para o correto funcionamento, foi realizada a calibração manual do sensor de vazão e pressão, além do condicionamento da bomba centrífuga para simular o fluxo em bancada.

Na coleta dos dados foi utilizado o Arduino Uno® para a aquisição dos sinais dos sensores, interligado ao computador com LabVIEW®.

Para a programação, foi desenvolvido um algoritmo em diagrama de blocos no LabVIEW® para calcular a vazão e testar o sistema.

Foi implementada a interface de monitoramento em tempo real para o usuário adicionar parâmetros e obter as informações de vazão e pressão.

Ao final da montagem do protótipo, foi obtida uma interface mostrada na Figura 1, onde o operador coloca os parâmetros largura da barra, velocidade de deslocamento e o sistema coleta os dados de vazão e pressão, por fim gerando uma estimativa da quantidade de litros de calda aplicados por hectare.

O principal desafio será a transição do protótipo de laboratório para um produto robusto e durável, capaz de suportar as condições adversas do campo (vibração, umidade, poeira, produtos corrosivos). Outro risco está na necessidade do usuário final possuir um conhecimento técnico mínimo para a montagem e operação do sistema.

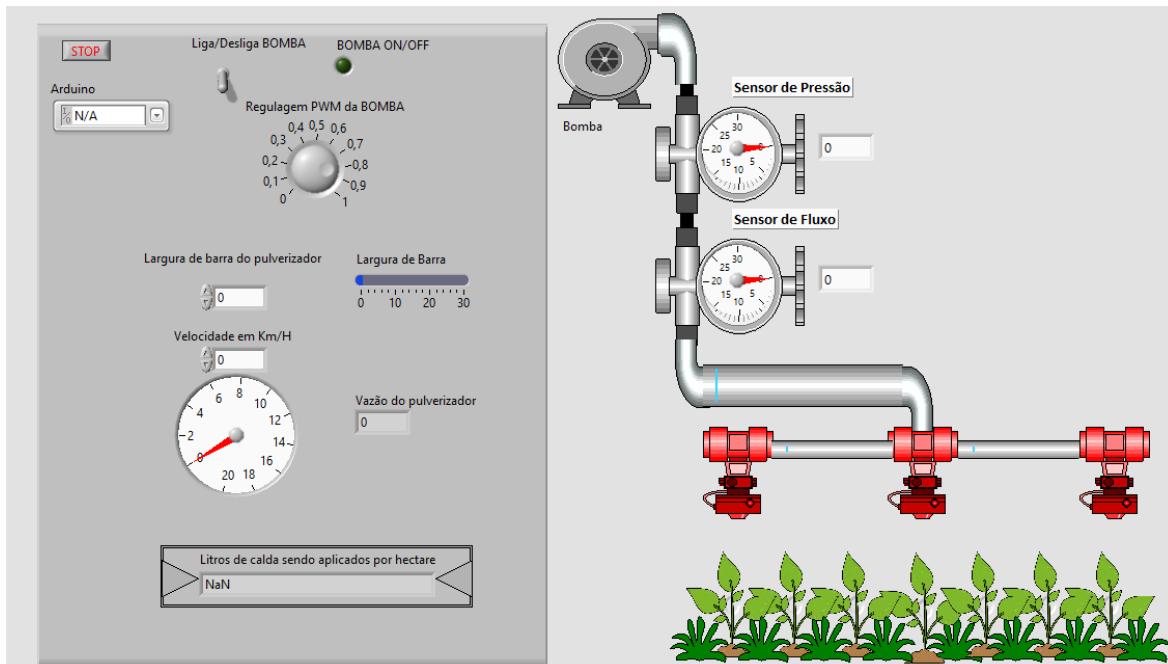


Figura 1: Painel frontal LabVIEW®.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

O impacto desta inovação é duplamente positivo. Primeiramente, ao permitir que o agricultor tenha noção exata da quantidade de defensivo aplicada através do monitoramento contínuo da vazão e da pressão, o sistema ajuda a evitar a superdosagem, reduzindo significativamente a contaminação do solo, da água e do ar. Em segundo lugar, o monitoramento da pressão funciona como um indicador de manutenção, pois variações anormais podem indicar problemas como o entupimento de bicos ou a obstrução de filtros de linha, garantindo assim a qualidade e uniformidade da aplicação. Esta precisão protege a biodiversidade local e diminui os riscos de contaminação ambiental a longas distâncias. Para o agricultor familiar, a redução do desperdício se traduz em economia direta, enquanto a diminuição da exposição de trabalhadores e consumidores aos agrotóxicos aborda um grave problema de saúde pública, responsável por milhares de casos de intoxicação anualmente (INCA, 2024).

5. CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou a viabilidade de desenvolver um sistema supervisório de baixo custo para estimar a qualidade de aplicação volumétrica de defensivos agrícolas. Com um custo de protótipo baixo, a solução se apresenta como uma alternativa acessível e eficaz para a agricultura familiar, um setor carente de tecnologias de precisão. O sistema capacita o produtor a monitorar e controlar a aplicação de insumos, resultando em economia financeira e, mais importante, na redução do impacto ambiental e dos riscos à saúde associados ao uso inadequado de agrotóxicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA CUNHA, J. P. A. R; TEIXEIRA, M. M. Características técnicas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.2, p.344-348, 2001.

GIL, Y.; SINFORT, C. Emission of pesticides to the air during sprayer application: A bibliographic review. *Atmospheric Environment*, v.39, p. 5183-5193, 2005.

INCA. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Agrotóxicos e seus impactos na saúde**. Governo do Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico>.

MELLO, F.A.; FAGIANI, M.A.B.; SILVA, R.C.R.; NAI, G.A. **Agrotóxicos**: 7-44, 2019.

NORTOX S.A. **Bula do 2,4-D NORTOX**, versão 15 19.08.2019. 2019. Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/documento/2022-09/24dnortox.pdf>.

ONU. UNITED NATIONS ORGANIZATION. **Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital**. 2021. Acessado em 12 jul. 2025. Online. Disponível em: [FAO: Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital | ONU News](https://www.un.org/pt/ptorg/News/2021/09/01/FAO-Desenvolvimento-sustentavel-nas-industrias-de-sementes-e-vital)

VIANA, R. G., et al. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. *Planta Daninha*, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.